

Specification
Your Ref.: 110262
Ours: T57 01-01

磁気抵抗効果素子の製造方法、薄膜磁気ヘッドの製造方法
およびヘッド装置の製造方法

発明の背景

1. 発明の分野

本発明は、磁気抵抗効果膜を成膜面に対して垂直に研磨する工程を含む磁気抵抗効果素子の製造方法、薄膜磁気ヘッドの製造方法およびヘッド装置の製造方法に関する。

2. 従来技術

近年、ハードディスクなどの面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、磁気抵抗効果素子（MR（Magnetoresistive）素子）を有する再生ヘッド部と、誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッド部とを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。

MR素子としては、異方性磁気抵抗効果（AMR（Anisotropic Magnetoresistive）効果）を示す磁性膜（AMR膜）を用いたAMR素子と、巨大磁気抵抗効果（GMR（Giant Magnetoresistive）効果）を示す磁性膜（GMR膜）を用いたGMR素子などがある。GMR素子は、面記録密度が 3 Gbit/inch^2 を超える再生ヘッドに利用されており、GMR膜としては、「多層型（アンチフェロ型）」、「誘導フェリ型」、「グラニュラ型」、「スピナルバルブ型」、「トンネル接合型」などが提案されている。

これらの中ではスピナルバルブ型のものが広く実用化されているが、近年では、より高い磁気抵抗変換率を得られるトンネル接合型の開発も進んでいる。このトンネル接合型のGMR膜は、2層の強磁性層の間に極めて薄い絶縁層よりなるトンネルバリア層を有しており、2層の強磁性層間における磁化の向きが信号磁場に応じて変化することにより、トンネルバリア層を流れるトンネル電流が変化するようにになっている。

このようなトンネル接合型のGMR膜を用いたGMR素子では、ハードディスクなどの記録媒体と対向するエアベアリング面（Air Bearing Surface ; AB

S) に対してGMR膜の成膜面を垂直とし、成膜面に対して垂直に電流を流すいわゆるCPP (Current Perpendicular to the Plane) 構造とされる。よって、エアベアリング面を従来より行われている機械研磨により加工すると、強磁性層などの金属層から出た金属の微細な研磨くずがトンネルバリア層の側面に残ってしまい、トンネルバリア層が電氣的にショートして素子の特性が発揮されない場合がある。エアベアリング面の機械研磨は、エアベアリング面から垂直方向に素子をどのくらい残すか、すなわちエアベアリング面に対して垂直な方向における素子の長さ（以下、素子高さと言う）を決定する重要な意味を有しており、省略することはできない。そこで、従来は、エアベアリング面を機械研磨したのち、ドライエッチングあるいはイオンミリングなどにより機械研磨の残留物を除去していた（特開平11-175927号公報など）。

しかしながら、エアベアリング面をドライエッチングあるいはイオンミリングなどの広い意味におけるビーム技術により処理をする従来の技術では、以下に説明するような問題があった。第1に、エネルギーを持った荷電あるいは非荷電の粒子がトンネルバリア層に注入されることにより、ダメージが加わり、膜特性が劣化してしまう。

第2に、一般に磁性材料のハロゲン化合物は蒸気圧が高く、化学的なエッチングは難しいので、従来の方法では、使用するガス種にかかわらず物理的なエッチングが支配的となる。よって、材料によるエッチングレート（ミリングレート）の差が発生してしまい、機械研磨の残留物を除去するのに十分なエッチングを行うと、エアベアリング面にエッチングレートの差による段差が生じてしまう。特に、基体の上に再生ヘッド部と記録ヘッド部とを積層した複合型薄膜磁気ヘッドでは、基体に比べて再生ヘッド部および記録ヘッド部の方がエッチングされやすく、再生ヘッド部と記録ヘッド部としては記録ヘッド部の方がよりエッチングされやすい。従って、再生ヘッド部および記録ヘッド部と記録媒体との間の距離を小さくすることができず、出力を大きくすることができない。

発明の概要

本発明の目的は、特性を向上させることができる磁気抵抗効果素子の製造方法、

薄膜磁気ヘッドの製造方法およびヘッド装置の製造方法を提供することにある。

本発明による磁気抵抗効果素子の製造方法は、基体の上に磁気抵抗効果膜を形成する工程と、磁気抵抗効果膜の成膜面に対する側面を機械研磨したのち、この機械研磨した面をウエットエッチングする工程とを含むものである。

本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法は、再生ヘッド部を有する薄膜磁気ヘッドを製造するものであって、基体の上に磁気抵抗効果膜を有する再生ヘッド部を形成する工程と、磁気抵抗効果膜の成膜面に対する側面を機械研磨したのち、この機械研磨した面をウエットエッチングする工程とを含むものである。

本発明によるヘッド装置の製造方法は、再生ヘッド部を有するスライダを形成する工程と、スライダをスライダ支持体に搭載する工程とを含むものであって、スライダを形成する工程は、基体の上に磁気抵抗効果膜を有する再生ヘッド部を形成する工程と、磁気抵抗効果膜の成膜面に対する側面を機械研磨したのち、この機械研磨した面をウエットエッチングする工程とを含むものである。

本発明による磁気抵抗効果素子の製造方法、薄膜磁気ヘッドの製造方法およびヘッド装置の製造方法では、磁気抵抗効果膜の成膜面に対する側面が機械研磨されたのち、この機械研磨による残留物がウエットエッチングにより除去される。よって、磁気抵抗効果膜に与えるダメージが小さく、ドライエッチングのように基体と磁気抵抗効果膜との段差を大きくすることがない。なお、ウエットエッチングの際には、酸およびアルカリのうちの少なくとも1種を含むエッチング液を用いることが好ましい。

また、磁気抵抗効果膜を形成する工程は、基体の上に、第1強磁性層、トンネルバリア層および第2強磁性層を順次成膜する工程を含むようにしてもよい。更に、電流を磁気抵抗効果膜に対して成膜面と垂直な方向に流す電流経路を形成する工程を含むようにしてもよい。

加えて、薄膜磁気ヘッドの製造方法およびヘッド装置の製造方法では、機械研磨をする前に、基体の上に記録ヘッド部を形成する工程を含んでもよい。

本発明の他の目的、特徴および効果は、以下の説明によって更に明らかになるであろう。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の一実施の形態に係るヘッド装置の製造方法により製造するヘッド装置の構成を表す斜視図である。

図 2 は、本発明の一実施の形態に係るヘッド装置の製造方法の工程を表す流れ図である。

図 3 は、図 2 に示したヘッド装置の製造方法の一工程を表す断面図である。

図 4 A 及び図 4 B は、図 3 に続く一工程を表す断面図である。

図 5 は、図 4 A における多層膜の部分拡大図である。

図 6 A 及び図 6 B は、それぞれ図 4 A 及び図 4 B に続く一工程を表す断面図である。

図 7 A、図 7 B は、図 6 A、図 6 B に続く一工程を表す断面図である。

図 8 A、図 8 B は、図 7 A、図 7 B に続く一工程を表す断面図である。

図 9 A、図 9 B は、図 8 A、図 8 B に続く一工程を表す断面図である。

図 10 A、図 10 B は、図 9 A、図 9 B に続く一工程を表す断面図である。

図 11 A、図 11 B は、図 10 A、図 10 B に続く一工程を表す断面図である。

図 12 A、図 12 B は、図 11 A、図 11 B に続く一工程を表す断面図である。

図 13 は、図 12 A に続く一工程を表す断面図である。

図 14 は、図 13 に続く一工程を表す斜視図である。

図 15 は、図 14 の一部を拡大して表す部分分解斜視図である。

図 16 A、図 16 B は、本発明の一実施の形態に係るヘッド装置の製造方法の変形例を表す断面図である。

図 17 A、図 17 B は、図 16 A、図 16 B に続く一工程を表す断面図である。

図 18 A、図 18 B は、図 17 A、図 17 B に続く一工程を表す断面図である。

図 19 A、図 19 B は、図 18 A、図 18 B に続く一工程を表す断面図である。

好適な実施例の詳細な説明

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の実施の形態では、図 1 に示したような構成を有するヘッド装置を製造する場合について例示する。このヘッド装置は、例えば、図示しないハードディスク装

置などで用いられるものであり、基体110に薄膜磁気ヘッド120が形成されたスライダ100と、スライダ100を搭載するスライダ支持体200とを備えている。スライダ支持体200は、支軸210により回転可能に支持された腕部220を有しており、腕部220の回転によりスライダ100がハードディスクなどの記録媒体300の記録面に沿ってトラックラインを横切る方向xに移動するようになっている。スライダ100のうち記録媒体300の記録面と対向する面はエアベアリング面と呼ばれ、薄膜磁気ヘッド120は基体110のエアベアリング面111に対する一側面に形成されている。

図2は本発明の一実施の形態に係るヘッド装置の製造方法における工程の流れを表すものである。図3ないし図15は図2に示したヘッド装置の製造方法の各工程における構造を表すものである。本発明の一実施の形態に係るMR素子の製造方法および薄膜磁気ヘッドの製造方法は、本実施の形態に係るヘッド装置の製造方法により具現化されるので、以下併せて説明する。

まず、図3に示したように、例えば酸化アルミニウム (Al_2O_3) と炭化チタン (TiC) との複合材料よりなる基板110Aを用意する (ステップS101)。この基板110Aは、最終的に基体110となるものであり、複数の基体形成領域を有している。

次いで、基板110Aの上に、再生ヘッド部121 (図9A、図9B参照) を形成する (ステップS102)。具体的には、まず図4A、図4Bに示したように、例えば、スパッタリング法により、酸化アルミニウムなどの絶縁材料よりなる積層方向の厚み (以下、単に厚みと言う) が $5\mu m$ のアンダーコート層11を形成する。なお、図4において、図4Aはエアベアリング面 (ABS) 111に対して垂直な素子の積層方向の断面図、図4Bはエアベアリング面111に対して平行な素子の積層方向の断面図であり、図4Aは図4BにおけるI-I線に沿ったエアベアリング面111の側の一部、図4Bは図4AにおけるII-II線に沿ったI-I線近傍の一部をそれぞれ表している。これは以下の図6A、図6Bないし図12A、図12Bにおいても同様であるが、図6A、図6Bないし図12A、図12BではI-I線およびII-II線の表示を省略してある。

次いで、アンダーコート層11の上に、例えば、めっき法により、ニッケル・

鉄合金（NiFe合金）などの磁性材料よりなる厚み $2\mu\text{m}$ の第1シールド層12を形成する。この第1シールド層12は、後述するMR膜20に不要な磁場の影響が及ばないようにするためのものである。続いて、第1シールド層12の上に、例えば、スパッタリング法により、タンタル（Ta）などの導電性非磁性材料よりなる厚み $0.01\mu\text{m}$ の第1ギャップ層13を形成する。この第1ギャップ層13は、第1シールド層12と後述するMR膜20との磁気的結合を遮断するためのものであり、第1シールド層12と共に、MR膜20に対して成膜面と垂直な方向に電流を流す電流経路としての機能も有している。そののち、第1ギャップ層13の上に、MR膜20（図6A、図6B参照）となる多層膜20Aを成膜する。

多層膜20Aは、図5に示したように、例えば次のようにして成膜する。なお、図5は図4Aの一部を拡大して表している。まず、第1ギャップ層13の上に、例えば、スパッタリング法により、厚み 10nm のタンタル層21Aおよび厚み 2nm のNiFe合金層21Bをこの順に積層して、下地層21を成膜する。次いで、下地層21の上に、例えば、スパッタリング法により、白金・マンガン合金（PtMn合金）などの反強磁性材料よりなる厚み 15nm の反強磁性層22を成膜する。

続いて、反強磁性層22の上に、厚み 2nm のコバルト・鉄合金（CoFe合金）などの磁性材料よりなる磁性層23A、厚み 1nm のルテニウムなどの導電性非磁性材料よりなる非磁性層23Bおよび厚み 3nm のCoFe合金などの磁性材料よりなる磁性層23Cをこの順に積層して、第1強磁性層23を成膜する。この第1強磁性層23は、反強磁性層22との界面における交換結合により磁化の向きが固定されることから、ピンド層とも言われる。また、非磁性層23Bは、磁性層23Aと磁性層23Cとの間に反強磁性交換結合を生じさせ、それらの磁化を反対向きとすることにより、第1強磁性層23の作る磁界が後述する第2強磁性層に与える影響を小さくするものである。

第1強磁性層23を成膜したのち、第1強磁性層23の上に、例えば、スパッタリング法によりアルミニウム（Al）などの金属膜を成膜し、加熱処理によりこの金属膜を酸化して、アルミニウムと酸素との化合物などの絶縁材料よりなる

厚み約1 nmのトンネルバリア層24を成膜する。トンネルバリア層24を成膜したのち、トンネルバリア層24の上に、例えば、スパッタリング法により、厚み2 nmのCoFe合金などの磁性材料よりなる磁性層25Aおよび厚み3 nmのNiFe合金などの磁性材料よりなる磁性層25Bをこの順に積層して、第2強磁性層25を成膜する。この第2強磁性層25は、記録媒体300からの信号磁界に応じて磁化の向きが変化することから、フリー層とも言われる。そののち、第2強磁性層25の上に、例えば、スパッタリング法により、タンタルなどよりなる厚み5 nmのキャップ層26を成膜する。これにより、多層膜20Aが成膜される。

多層膜20Aを成膜したのち、図6A、図6Bに示したように、例えば、多層膜20Aの上に、MR膜20の形成領域に対応してフォトレジスト膜401を選択的に形成する。なお、このフォトレジスト膜401は、後述するリフトオフ処理を容易に行うことができるように、例えば、多層膜20Aとの界面に溝を形成し、断面形状をT型とすることが好ましい。フォトレジスト膜401を形成したのち、例えば、イオンミリング法により、フォトレジスト膜401をマスクとして多層膜20Aを選択的にエッチングし、トンネル接合型のMR膜20を形成する。

MR膜20を形成したのち、図7A、図7Bに示したように、第1ギャップ層13の上に、例えば、スパッタリング法により、酸化アルミニウムなどよりなる絶縁層14を形成する。この絶縁層14は、第1ギャップ層13と後述する第2ギャップ層16（図9A、図9B参照）とを電気的に絶縁するためのものである。そののち、MR膜20の両側に対応する絶縁層14の上に、例えば、スパッタリング法により、コバルト・白金合金（CoPt合金）などの硬磁性材料よりなる厚み20 nmの磁区制御層15を選択的に形成する。この磁区制御層15は、第2強磁性層25の磁化の向きを揃え、いわゆるバルクハウゼンノイズの発生を抑えるためのものである。なお、磁区制御層15を、強磁性層と反強磁性層とを積層することにより形成するようにしてもよい。

磁区制御層15を形成したのち、図8A、図8Bに示したように、例えば、リフトオフ処理により、フォトレジスト膜401をその上に積層されている堆積物

402と共に除去する。そののち、図9A、図9Bに示したように、第1ギャップ層13、MR膜20および磁区制御層15を覆うように、例えば、スパッタリング法により、タンタルなどの導電性非磁性材料よりなる厚み $0.03\mu\text{m}$ の第2ギャップ層16を形成する。この第2ギャップ層16は、MR膜20と後述する第2シールド層17との磁氣的結合を遮断するためのものであり、第2シールド層17と共に、MR膜20に対して成膜面と垂直な方向に電流を流す電流経路としての機能も有している。そののち、第2ギャップ層16の上に、例えば、めっき法により、NiFe合金などの磁性材料よりなる厚み $4\mu\text{m}$ の第2シールド層17を形成する。この第2シールド層17は、第1シールド層12と同様に、MR膜20に不要な磁場の影響が及ばないようにするためのものである。

これにより、トンネル接合型のMR膜20、磁区制御層15およびMR膜20に対して電流を成膜面と垂直な方向に流す電流経路を有するMR素子、並びにこのMR素子を有する再生ヘッド部121が形成される。この再生ヘッド部121は、記録媒体300からの信号磁界に応じて第1強磁性層23と第2強磁性層25との磁化の向きの角度が変化し、それによりトンネルバリア層24を流れるトンネル電流が変化することを利用して、記録媒体300に記録された情報を読み出すようになっている。

再生ヘッド部121を形成したのち、再生ヘッド部121の上に、記録ヘッド部122（図12A、図12B参照）を形成する（ステップS103）。具体的には、まず図10A、図10Bに示したように、例えば、スパッタリング法により、第2シールド層17の上に、酸化アルミニウムなどの絶縁材料よりなる厚み $0.1\mu\text{m}$ の記録ギャップ層31を形成する。なお、第2シールド層17は、記録ヘッド部122の下部磁極としての機能も有している。次いで、記録ギャップ層31を部分的にエッチングし、磁路形成のための開口部31Aを形成する。

続いて、記録ギャップ層31の上に開口部31Aを中心として薄膜コイル32を形成したのち、この薄膜コイル32を覆うようにスロートハイトを決定する厚み $1.8\mu\text{m}$ のフォトレジスト層33を所定のパターンに形成する。そののち、フォトレジスト層33の上に、必要に応じて、薄膜コイル34およびフォトレジスト層35を繰り返し形成する。なお、本実施の形態では薄膜コイルを2層積層

するようにしたが、薄膜コイルの積層数は1層または3層以上としてもよい。

フォトレジスト層35を形成したのち、図11に示したように、例えば、記録ギャップ層31、開口部31A、フォトレジスト層33、35の上に、例えば、NiFe合金、窒化鉄(FeN)またはCoFe合金などの高飽和磁束密度を有する磁性材料よりなる厚み2.5 μ mの上部磁極36を形成する。これにより、上部磁極36は記録ギャップ層31の開口部31Aを介して第2シールド層17と接触し、磁気的に連結する。なお、上部磁極36のうち、エアベアリング面111側の端部は記録ポール部36Aとなる。この記録ポール部36Aのエアベアリング面111における高さ(積層方向の長さ)は例えば2.5 μ m程度とし、エアベアリング面111における幅は例えば0.2 μ m程度とすることが好ましい。

上部磁極36を形成したのち、例えば、この上部磁極36をマスクとして、イオンミリングにより、記録ギャップ層31および第2シールド層17を選択的にエッチングする。そののち、図12A、図12Bに示したように、上部磁極36の上に、酸化アルミニウムなどの絶縁材料よりなる厚み30 μ mのオーバーコート層37を形成する。これにより、記録ヘッド部122が形成され、再生ヘッド部121と記録ヘッド部122とを有する薄膜磁気ヘッド120が形成される。この記録ヘッド部122は、薄膜コイル32、34に流れる電流によって下部磁極である第2シールド層17と上部磁極36との間に磁束を生じ、記録ギャップ層31の近傍に生ずる磁束によって記録媒体300を磁化し、情報を記録するようになっている。

薄膜磁気ヘッド120を形成したのち、例えばアレイ状に形成された薄膜磁気ヘッド120の列ごとに基板110Aを切断する(ステップS104)。そののち、図13に示したように、薄膜磁気ヘッド120のエアベアリング面111を機械研磨する。すなわち、MR膜20の成膜面に対する側面を機械研磨し、素子高さhを調整する(ステップS105)。素子高さhは、再生出力を決定する一要因であり、短いほうが再生出力が高くなるが、短すぎると温度の上昇により逆に再生出力が低くなると共に、寿命も短くなってしまう。よって、素子高さhは

温度上昇による悪影響を受けない程度に短く例えば、 $2\mu\text{m}$ 程度とすることが好ましい。なお、図13は、図12Aと同一方向の断面構造を表している。

機械研磨をしたのち、基体110および薄膜磁気ヘッド120の機械研磨した面をウエットエッチングし、機械研磨による残留物を除去する（ステップS106）。これにより、MR膜20において研磨くずにより生じてしまうトンネルバリア層24の電気的なショートが防止される。また、本実施の形態では、機械研磨による残留物をウエットエッチングにより除去するようにしたので、MR膜20、特にトンネルバリア層24に与えるダメージ、および記録ボール部36Aに与えるダメージが小さく、更に、エッチングにより生じる基体110、再生ヘッド部121および記録ヘッド部122の間の段差も大きくならない。

ウエットエッチングの際には、酸およびアルカリのうちの少なくとも1種を含むエッチング液を用いることが好ましい。酸は無機酸あるいは有機酸のいずれでもよく、アルカリも無機アルカリあるいは有機アルカリのいずれでもよい。無機酸としては、例えば、フッ酸、硝酸、塩酸あるいはリン酸が好ましく挙げられ、有機酸としては、例えば、酢酸、乳酸、シュウ酸、クエン酸あるいは酒石酸が好ましく挙げられる。無機アルカリとしては、例えば、水酸化カリウムあるいは水酸化ナトリウムが好ましく挙げられ、有機アルカリとしては、例えば、テトラメチルアンモニウムヒドロキシド（TMAH）が好ましく挙げられる。

エッチング液をより具体的に説明すれば、例えば表1の（1）から（9）に示したようなものが挙げられる。

【表1】

	エッチング液の種類
(1)	40 体積%のフッ酸：69 体積%の硝酸水溶液：酢酸 = 20 : 50 : 5 の体積比で混合したもの
(2)	乳酸：68 体積%の硝酸水溶液：48 体積%のフッ酸 = 30 : 10 : 10 の体積比で混合したもの
(3)	3 質量%のTMAH水溶液と3 質量%の水酸化ナトリウム 水溶液とを混合したもの
(4)	硝酸とフッ酸とを混合した水溶液
(5)	38 体積%の塩酸：水 = 1 : 4 の体積比で混合したもの
(6)	18 体積%のオルトリン酸水溶液
(7)	硝酸と硫酸ナトリウムとを混合した水溶液
(8)	水酸化カリウムと過酸化水素とを混合した水溶液
(9)	水酸化ナトリウムと過酸化水素とを混合した水溶液

ウエットエッチングをしたのち、必要に応じて、純水による洗浄およびイソプロピルアルコールなどの有機溶剤による洗浄を行い、アセトン吹き掛け、乾燥させる。そのうち、図14に示したように、基板110Aを個別の薄膜磁気ヘッド120ごとに切断し、例えばほぼ直方体状の所定の形状に加工する（ステップS107）。これにより、図15に拡大して示したように、再生ヘッド部121と記録ヘッド部122とを有する薄膜磁気ヘッド120が基板110に設けられたスライダ100が形成される。すなわち、MR素子および薄膜磁気ヘッド120が完成する。なお、図15では薄膜磁気ヘッド120を分解して表している。

スライダ100を形成したのち、スライダ支持体200を用意し、腕部220の先端部にエアベアリング面111を上にしてスライダ100を搭載する（ステップS108）。これにより、図1に示したヘッド装置が完成する。

なお、再生ヘッド121を形成する工程は、次のようにしてもよい。図16A、図16Bないし図19A、図19Bは再生ヘッド121を形成する他の工程を表すものである。なお、図16A、図16Bないし図19A、図19Bは図4A、図4Bと同様の断面構造を表しており、図4Bに示したI-I線および図4AII-II線の表示は省略してある。

まず、上記製造方法と同様にして、基板110Aの上にアンダーコート層11、第1シールド層12および第1ギャップ層13を形成する（図4A、図4B参照）。次いで、図16A、図16Bに示したように、上記製造方法と同様にして、MR膜20となる多層膜20Aのうちの下地層21、反強磁性層22、第1強磁性層23、トンネルバリア層24および第2強磁性層25を成膜する。続いて、第2強磁性層25の上に、例えば、スパッタリング法により、ルテニウム（Ru）あるいはロジウム（Rh）などの非磁性材料よりなる厚み1nm程度の層と、ルテニウム・ロジウム・マンガン合金（RuRhMn合金）あるいはイリジウム・マンガン合金（IrMn合金）などの反強磁性材料よりなる厚み10nm程度の層とで構成される磁区制御層45を成膜する。なお、この磁区制御層45は、上記製造方法においても説明したように、強磁性層と反強磁性層とを積層した構成としてもよい。

磁区制御層45を成膜したのち、同じく図16A、図16Bに示したように、磁区制御層45の上に、上記製造方法と同様にして多層膜20Aのうちのキャップ層26を成膜する。そののち、図17A、図17Bに示したように、上記製造方法と同様にして、キャップ層26の上にMR膜20の形成領域に対応してフォトリソグラフ膜401を選択的に形成し、多層膜20Aおよび磁区制御層45を選択的にエッチングしてMR膜20を形成する。MR膜20を形成したのち、図18A、図18Bに示したように、第1ギャップ層13の上に、上記製造方法と同様にして絶縁層14を形成する。そののち、図19A、図19Bに示したように、上記製造方法と同様にして、フォトリソグラフ膜401および堆積物402を除去し、第2ギャップ層16および第2シールド層17を形成することにより再生ヘッド部121を形成する。

このような工程により再生ヘッド部121を形成するようにしても、上記製造

方法と同様に、MR膜20の成膜面に対する側面を機械研磨したのち、ウエットエッチングにより機械研磨による残留物を除去するようにすれば、MR膜20に与えるダメージが小さく、エッチングにより生じる段差も大きくならない。

このように本実施の形態によれば、MR膜20の成膜面に対する側面を機械研磨したのち、この機械研磨した面をウエットエッチングするようにしたので、機械研磨による残留物を除去することができ、研磨くずにより生じてしまうトンネルバリア層24の電気的なショートを防止することができる。よって、特性の向上を図ることができる。

また、ウエットエッチングを用いるようにしたので、MR膜20、特にトンネルバリア層24に与えるダメージを小さくすることができ、再生特性を向上させることができる。更に、記録ボール部36Aに与えるダメージも小さくすることができ、記録特性も向上させることができる。

加えて、エッチングにより生じる基体110、再生ヘッド部121および記録ヘッド部122の段差を小さくすることができる。特に、記録ボール部36Aはエアベアリング面111における面積が大きいためエッチングされやすいが、本実施の形態によればドライエッチングよりもその段差を小さくすることができる。よって、記録媒体300と記録ボール部36AおよびMR膜20との距離をドライエッチングを用いた場合に比べて短くすることができ、記録特性を向上させることができると共に、再生力特性を向上させることができる。

<実施例>

また、本発明の具体的な実施例について詳細に説明する。

実施例1～3として、図1に示したヘッド装置を、上記実施の形態と同様にして作製した。なお、実施例1～3で、MR膜20の機械研磨した面をウエットエッチングする工程（ステップS106）において用いるエッチング液を変化させた。実施例1では表1に示した（1）のエッチング液を用い、実施例2では表1に示した（2）のエッチング液を用い、実施例3では表1に示した（3）のエッチング液を用いた。それ以外は、実施例1～3で同一の条件とした。

作製した実施例1～3のヘッド装置について再生出力を測定した。再生出力は、予め所定の孤立波を記録した磁気ディスク300について再生のみを行う場合と、

作製したヘッド装置を用いて磁気ディスク300に自己記録を行い、それを再生する場合とについてそれぞれ測定した。その際、磁気ディスク300には、ガラス基板の上に、クロム（Cr）よりなる厚み10nmの地下層、コバルト・クロム・白金合金（CoCrPt合金）よりなる厚み20nmの磁性層、炭素よりなる厚み10nmの保護層および潤滑剤が順次積層され、磁界の強さが約 29×10^4 A/m（3600 Oe）で磁束密度と厚みの積BrTが0.01 Tμmのものを用いた。また、薄膜磁気ヘッド120の浮上量、すなわちスライド100のエアベアリング面111と磁気ディスク300の保護層との間の距離は20nmとし、再生時のセンス電流は50 mA/μm²とした。更に、自己記録を行う際には、記録ヘッド部122に45 mAの電流を流した。

また、作製した実施例1～3のヘッド装置についてスライド100におけるエアベアリング面111の段差を測定した。測定には原子間力顕微鏡（Atomic Force Microscope；AFM）を用い、段差はエアベアリング面111における基体110と薄膜磁気ヘッド120の平均高さとの差とした。得られた結果を表2に示す。

【表2】

	エッチング条件	再生出力(mV)		段差 (nm)
		再生のみ	自己記録再生	
実施例1	(1)のエッチング液を用いたウエットエッチング	3.5	3.6	1.5
実施例2	(2)のエッチング液を用いたウエットエッチング	3.8	3.7	0.8
実施例3	(3)のエッチング液を用いたウエットエッチング	4.0	4.1	1.0
比較例	プラズマエッチング	2.9	1.1	10

なお、本実施例に対する比較例として、MR膜の機械研磨した面をウエットエッチングに代えてドライエッチングの1種であるプラズマエッチングするようにしたことを除き、本実施例と同一の条件でヘッド装置を作製した。比較例についても、本実施例と同様にして再生出力を測定すると共に、スライダにおけるエアベアリング面の段差を測定した。それらの結果も表2に合わせて示す。

表2から分かるように、本実施例によれば、比較例に比べて大きな再生出力を得ることができ、特に自己記録再生の場合に効果が高かった。またエアベアリング面111における段差も比較例に比べて一桁以上小さくすることができた。すなわち、MR膜20の成膜面に対する側面を機械研磨したのち、その機械研磨した面をウエットエッチングするようにすれば、エアベアリング面111における段差をドライエッチングの場合に比べて小さくすることができ、再生出力を大きくできることが分かった。これは、ドライエッチングに比べて磁気ディスク300と記録ボール部36AおよびMR膜20との距離が短くなったこと、およびウエットエッチングによりMR膜20および記録ボール部36Aに加えられるダメージが小さくなったことによるものと考えられる。

なお、上記実施例では、ウエットエッチングする工程（ステップS106）で用いるエッチング液についていくつかの例を挙げて具体的に説明したが、他のエッチング液を用いても、同様の結果を得ることができる。

以上、いくつかの実施の形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれらの実施の形態および実施例に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、上記実施の形態および実施例では、基板110Aの上に、反強磁性層22、第1強磁性層23、トンネルバリア層24および第2強磁性層25を順次積層してトンネル接合型のMR膜20を形成する場合について説明したが、基板110Aの上に、第1強磁性層、トンネルバリア層、第2強磁性層および反強磁性層を順次積層するようにしてもよい。この場合、第1強磁性層が信号磁界に応じて磁化の向きが変化するフリー層となり、第2強磁性層が反強磁性層により磁化の向きが固定されたピン層となる。

また、上記実施の形態および実施例では、トンネル接合型のMR膜20の成膜工程について具体的に例を挙げて説明したが、少なくとも第1強磁性層、トンネ

ルバリア層および第2強磁性層を順次積層する工程を含んでいれば、他の工程を含んでいなくてもよく、上記実施の形態で説明した以外の工程を更に含んでいてもよい。

更に、上記実施の形態および実施例では、トンネル接合型のMR膜20を成膜する場合について説明したが、本発明は、多層型、誘導フェリ型、グラニュー型あるいはスピナバルブ型などの他のMR膜を成膜する場合についても同様に適用することができる。加えて、これらGMR膜に限らず、AMR膜を成膜する場合についても適用することができる。但し、本発明は、MR膜に対して電流を成膜面と垂直な方向に流す場合、中でも、上記実施の形態において説明したトンネル接合型のMR膜20のように、トンネルバリア層24の電気的なショートが問題となる場合において特に有効である。

更にまた、上記実施の形態および実施例では、再生ヘッド部121と記録ヘッド部122とを形成する工程を含む場合について説明したが、再生ヘッド部121を形成する工程のみを含み、記録ヘッド部を形成する工程を含んでいなくてもよい。但し、本発明は、上記実施の形態および実施例において説明したように、それらを共に含む場合の方が特に大きな効果を得ることができる。また、上記実施の形態および実施例では、基体110の上に再生ヘッド部121形成したのち、記録ヘッド部122を形成する場合について説明したが、基体110の上に記録ヘッド部を形成したのち、再生ヘッド部を形成するようにしてもよい。

加えてまた、上記実施の形態および実施例では、薄膜磁気ヘッド120およびヘッド装置の製造工程について具体的に例を挙げて説明したが、少なくともMR膜を形成する工程と、MR膜の成膜面に対する側面を機械研磨したのちウエットエッチングする工程を含んでいれば、他の工程を含んでいなくてもよく、上記実施の形態で説明した以外の工程を更に含んでいてもよい。

更にまた、本発明の磁気抵抗効果素子の製造方法は、上記実施の形態で説明した薄膜磁気ヘッドを製造する場合のほかに、例えば、磁気信号を検知するセンサ（加速度センサなど）を製造する場合や、磁気信号を記憶するメモリ等を製造する場合に適用することも可能である。

以上説明したように、請求項1ないし請求項4のいずれか1に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法、または請求項5ないし請求項9のいずれか1に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法、または請求項10ないし請求項14のいずれか1に記載のヘッド装置の製造方法によれば、MR膜の成膜面に対する側面を機械研磨したのち、この機械研磨した面をウエットエッチングするようにしたので、機械研磨による残留物を除去することができ、研磨くずによる特性の劣化を防止することができる。また、エッチングによりMR膜に与えるダメージを小さくすることができると共に、基体とMR膜との段差もドライエッチングのように大きくすることがなく、再生特性を向上させることができる。

特に、請求項3記載の磁気抵抗効果素子の製造方法、または請求項7記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法、または請求項12記載のヘッド装置の製造方法によれば、MR膜を形成する工程が、基体の上に第1強磁性層、トンネルバリア層および第2強磁性層を順次成膜する工程を含むようにしたので、トンネルバリア層が研磨くずにより電気的にショートしてしまうことを防止することができると共に、エッチングによりトンネルバリア層に与えるダメージを小さくすることができる。よって、より高い効果を得ることができる。

また、請求項9記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法、または請求項14記載のヘッド装置の製造方法によれば、機械研磨をする前に、基体の上に記録ヘッド部を形成する工程を更に含むようにしたので、エッチングにより記録ヘッド部に与えるダメージも小さくすることができると共に、再生ヘッド部よりもエッチングされやすい記録ヘッド部についてもその段差をドライエッチングに比べて小さくすることができる。よって、記録特性を向上させることができると共に、自己記録時の再生特性をより向上させることができる。

以上の説明に基づき、本発明の種々の態様や変形例を実施可能であることは明らかである。したがって、以下のクレームの均等の範囲において、上記の詳細な説明における態様以外の態様で本発明を実施することが可能である。

請求の範囲

1. 基体の上に磁気抵抗効果膜を形成する工程と、
磁気抵抗効果膜の成膜面に対する側面を機械研磨したのち、この機械研磨した面をウエットエッチングする工程と
を含むことを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。
2. 前記ウエットエッチングの際には、酸およびアルカリのうちの少なくとも1種を含むエッチング液を用いる
ことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。
3. 前記磁気抵抗効果膜を形成する工程は、
基体の上に、第1強磁性層、トンネルバリア層および第2強磁性層を順次成膜する工程を含む
ことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。
4. 電流を磁気抵抗効果膜に対して成膜面と垂直な方向に流す電流経路を形成する工程を更に含む
ことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。
5. 再生ヘッド部を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、
基体の上に磁気抵抗効果膜を有する再生ヘッド部を形成する工程と、
磁気抵抗効果膜の成膜面に対する側面を機械研磨したのち、この機械研磨した面をウエットエッチングする工程と
を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。
6. 前記ウエットエッチングの際には、酸およびアルカリのうちの少なくとも1種を含むエッチング液を用いる
ことを特徴とする請求項5記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。
7. 前記磁気抵抗効果膜を形成する工程は、
基体の上に、第1強磁性層、トンネルバリア層および第2強磁性層を順次成膜する工程を含む
ことを特徴とする請求項5記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。
8. 前記再生ヘッド部を形成する工程は、

電流を磁気抵抗効果膜に対して成膜面と垂直な方向に流す電流経路を形成する工程を含む

ことを特徴とする請求項５記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

９．更に、前記機械研磨をする前に、基体の上に記録ヘッド部を形成する工程を含む

ことを特徴とする請求項５記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

１０．再生ヘッド部を有するスライダを形成する工程と、スライダをスライダ支持体に搭載する工程とを含むヘッド装置の製造方法であって、

前記スライダを形成する工程は、

基体の上に磁気抵抗効果膜を有する再生ヘッド部を形成する工程と、

磁気抵抗効果膜の成膜面に対する側面を機械研磨したのち、この機械研磨した面をウエットエッチングする工程と

を含むことを特徴とするヘッド装置の製造方法。

１１．前記ウエットエッチングの際には、酸およびアルカリのうちの少なくとも１種を含むエッチング液を用いる

ことを特徴とする請求項１０記載のヘッド装置の製造方法。

１２．前記磁気抵抗効果膜を形成する工程は、

基体の上に、第１強磁性層、トンネルバリア層および第２強磁性層を順次成膜する工程を含む

ことを特徴とする請求項１０記載のヘッド装置の製造方法。

１３．前記再生ヘッド部を形成する工程は、

電流を磁気抵抗効果膜に対して成膜面と垂直な方向に流す電流経路を形成する工程を含む

ことを特徴とする請求項１０記載のヘッド装置の製造方法。

１４．更に、前記機械研磨をする前に、基体の上に記録ヘッド部を形成する工程を含む

ことを特徴とする請求項１０記載のヘッド装置の製造方法。

Abstract
Your Ref: 10252
Ours: Tef. n.

要約

本発明は、基板の上にMR膜を有する再生ヘッド部を形成し（ステップS102）、記録ヘッド部を形成する（ステップS103）。MR膜は、反強磁性層、第1強磁性層、トンネルバリア層および第2強磁性層を順次成膜して形成する。次いで、MR膜の成膜面に対する側面を機械研磨し素子高さを調節する（ステップS105）。続いて、この機械研磨した面をウエットエッチングし機械研磨による残留物を除去する（ステップS106）。研磨くずによるトンネルバリア層の電気的なショートを防止できると共に、エッチングによりトンネルバリア層、記録ヘッド部に与えるダメージを小さくでき、また、基板、再生ヘッド部および記録ヘッド部の段差もドライエッチングのように大きくならない。